

VALORES DE $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ Y MICRORRESTOS VEGETALES PRESENTES EN RESIDUOS DE ALIMENTOS ADHERIDOS EN VASIJAS ARQUEOLÓGICAS DEL SITIO LA PALMERA 2 (NOROESTE DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA)

$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ VALUES AND PLANT MICRO-REMAINS PRESENT IN FOOD RESIDUES ADHERING TO ARCHAEOLOGICAL VESSELS FROM LA PALMERA 2 SITE (NORTHWEST OF ENTRE RÍOS, ARGENTINA)

Flavia V. Ottalagano¹

¹ CONICET-Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, 3 de Febrero 1378 (CP 1426), Buenos Aires, Argentina. flaviaott7@gmail.com

Recibido: 12/11/2018 Aprobado: 26/04/2019

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del análisis de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$), así como de los microrrestos vegetales encontrados en los residuos carbonizados de alimentos adheridos en fragmentos de alfarerías lisas y decoradas del sitio arqueológico La Palmera 2 (provincia de Entre Ríos, nordeste de Argentina). El sitio es un asentamiento de actividades múltiples datado entre 1056 ± 47 y 1032 ± 47 años AP, y asociado a una ocupación Goya-Malabrigo. Los datos obtenidos indican que los recipientes habrían sido utilizados fundamentalmente para el procesamiento de proteínas animales, las cuales se habrían complementado en menor medida con vegetales C_3 .

Palabras clave: *residuos carbonizados de alimentos, cerámica arqueológica, microrrestos vegetales, isótopos estables.*

Abstract

This paper presents the results of stable isotope analysis ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$), as well as of a plant micro-remains study on the charred food residues found in decorated and undecorated potsherds from La Palmera 2 archaeological site (province of Entre Ríos, northeast of Argentina). The site is a settlement of multiple activities were performed, associated with a Goya-Malabrigo occupation, dating from 1056 ± 47 and 1032 ± 47 years BP. The data indicate that the vessels have been primarily used for processing animal protein, which would have been supplemented with C_3 plants.

Keywords: *charred food residues, archaeological ceramics, plant micro-remains, stable isotopes.*

Introducción

Los estudios arqueobotánicos han crecido notablemente en la arqueología de la región Nordeste, resultando de gran potencial informativo para explorar el componente vegetal de los alimentos preparados en las alfarerías (Bonomo *et al.* 2011a,

2011b, Colobig y Ottalagano 2016; Colobig *et al.* 2016; Cornero y Rangone 2015; Sánchez *et al.* 2013, entre otros). Los análisis isotópicos, por su parte, constituyen una vía efectiva para discutir las proporciones de alimentos C₃ y C₄ cocinados en una vasija, así como para evaluar el nivel trófico de los recursos de los cuales éstos se derivan (Craig 2004). A diferencia de otros estudios químicos que han logrado una mayor repercusión en la región Nordeste para el abordaje de los residuos, como los análisis cromatográficos para la identificación de ácidos grasos (González de Bonaveri y Frère 2002, 2004; Frère 2015; Frère *et al.* 2016; Paleo y Pérez Meroni 2005-2006; Ottalagano 2013; Pérez 2016; Pérez *et al.* 2013, entre otros), los análisis de isótopos estables en adherencias cerámicas cuentan con escasa aplicación a nivel regional. Actualmente existe un solo antecedente para la cuenca inferior del río Salado Bonaerense, en el tramo final de la cuenca Paraná-Plata (González y Frère 2017). Esto contrasta con lo sucedido en otras regiones del país, donde los análisis isotópicos en residuos cerámicos vienen implementándose desde hace más de una década en Patagonia (Cassiodoro y Tessone 2014; Chaile *et al.* 2018; Gómez Otero 2006, 2007; Gómez Otero *et al.* 2014; Schuster 2011) y, en años recientes, en el Noroeste argentino (Lantos 2014; Lantos *et al.* 2015).

En lo que respecta al sector noroeste de la provincia de Entre Ríos, los aspectos funcionales de los recipientes decorados y lisos han sido abordados a través de estudios morfológicos, distribucionales, arqueobotánicos y mediante el análisis de rastros de uso (Colobig y Ottalagano 2016; Ottalagano 2013; Ottalagano *et al.* 2015b). Los resultados obtenidos sugieren que las vasijas decoradas se desempeñaron en actividades domésticas, similares a aquellas desarrolladas por las vasijas lisas (Ottalagano 2013). En esta oportunidad se combinan análisis químicos y microscópicos a fin de investigar los recursos procesados en las vasijas, así como para abordar aspectos relacionados con su variabilidad de uso. Las muestras analizadas proceden del sitio La Palmera 2, localizado en la cuenca media del río Paraná, en el Nordeste de Argentina (Figura 1). El sitio es un asentamiento de actividades múltiples generado por grupos de cazadores-recolectores complejos del Holoceno tardío, englobados dentro de la unidad arqueológica conocida localmente como Goya-Malabrigo (Ceruti 2003; Ottalagano *et al.* 2015a). La alimentación de estos grupos se basó en la ingesta de peces Characiformes y Siluriformes del Paraná, así como de mamíferos de hábitos semiacuáticos y terrestres (e.g. *Myocastor coypus*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Ozotoceros bezoarticus*, *Blastocerus dichotomus*), complementada en menor medida con el consumo de plantas silvestres, domésticas y/o potencialmente manipulables (e.g. *Prosopis sp.*, *Cucurbita sp.*, *Phaseolus sp.*, *Ipomea sp.*, *Zea mays* y diversas gramíneas), como se evidencia a partir del registro arqueofaunístico, arqueobotánico y de los estudios isotópicos en humanos (Bonomo *et al.* 2011a, 2017; Ceruti 2003; Ceruti y González 2007; Colobig y Ottalagano 2016; Mucciolo y Pérez Jimeno 2015; Ottalagano 2019; Ottalagano y Loponte 2017; Piccoli *et al.* 2017; Sánchez *et al.* 2013; Santiago 2004, entre otros).

La medición de las señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, aplicadas en esta oportunidad para el estudio de los residuos orgánicos, abre una línea de análisis novedosa en el área del Paraná medio. Su combinación con el estudio del contenido vegetal de los residuos

(fitolitos y granos de almidón) conforman, en conjunto, una herramienta significativa para aportar información sobre los alimentos procesados en las vasijas, así como para discutir los usos dados en el pasado a la tecnología cerámica en sitios asignados a la unidad arqueológica Goya-Malabrigo.

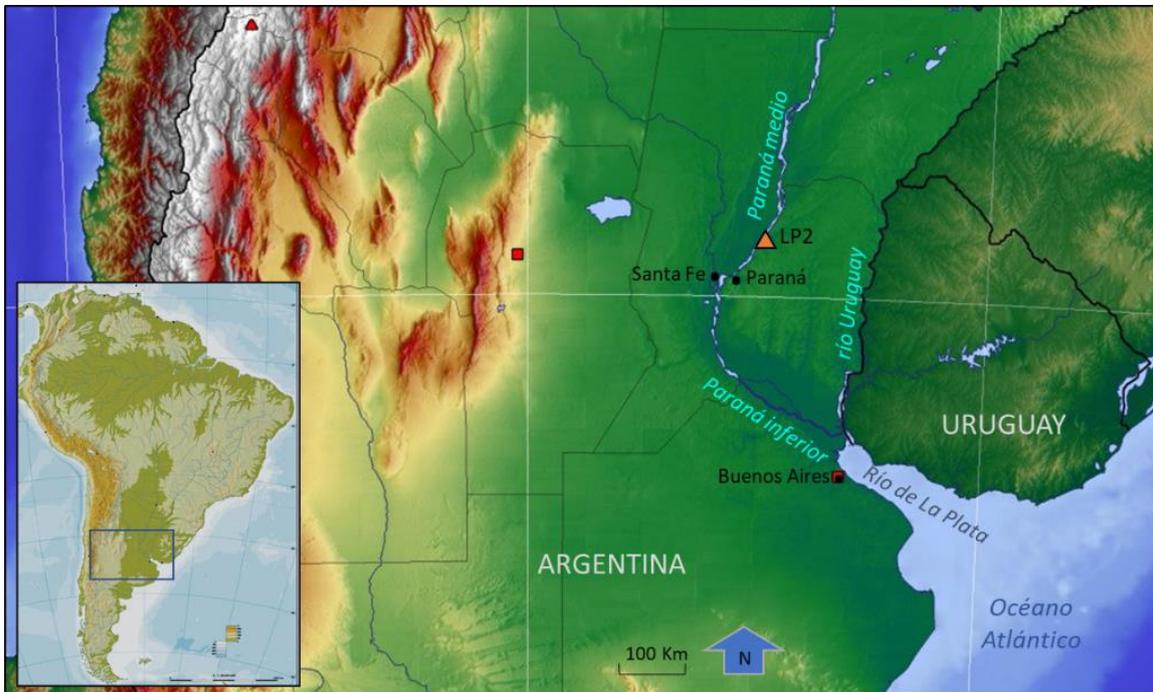


Figura 1. Mapa de localización del sitio La Palmera 2.

Materiales y métodos

Se seleccionaron fragmentos cerámicos con rastros macroscópicos de uso, particularmente con la presencia de adherencias internas carbonizadas (Tabla 1). Se eligieron exclusivamente bordes, a fin de poder diferenciar claramente los tiestos pertenecientes a recipientes lisos y decorados, ya que en el registro cerámico regional la decoración se ubica casi exclusivamente en este sector. La elección de bordes permite, además, contar con elementos diagnósticos para reconstruir aspectos morfológicos de las vasijas, tal como se muestra en la Figura 2. Los bordes tienen la particularidad de concentrar las grasas que se separan de los alimentos durante su proceso de cocción mediante hervido. Las mismas poseen valores de carbono inferiores a otros componentes bioquímicos de un mismo organismo, como las proteínas, pudiendo generar niveles más bajos $\delta^{13}\text{C}$ en aquellas adherencias depositadas particularmente en el cuello y borde de una vasija (Craig 2004; Hart *et al.* 2007).

Las muestras proceden de contextos domésticos y fueron excavadas por Ottalagano y colaboradores (2015a) en el sitio La Palmera 2 (de ahora en más LP2) (Departamento Paraná, provincia de Entre Ríos) (Figura 1). LP2 es un sitio multipropósito, en el que se registraron entierros humanos, además de evidencias de actividades cotidianas (Ceruti 2003; Ottalagano *et al.* 2015a). Se obtuvieron dos fechados, uno de 1056 ± 47 años AP

(AA102682-1) en restos humanos y otro de 1032 ± 47 AP (AA102683-2) en restos de *Myocastor coypus*, lo que indica una *cuasi* contemporaneidad de las actividades mortuorias y las de subsistencia (Ottalagano *et al.* 2015a).

Atributos	Vasija 1	Vasija 2	Vasija 3	Vasija 4	Vasija 5
Decoración	No	Surco rítmico	No	No	No
Forma	Abierta	Abierta	Cerrada	Abierta	Abierta
Grosor pared	0,6 cm	0,7 cm	0,5 cm	0,4 cm	0,6 cm
Diámetro boca	24 cm	28 cm	22 cm	22 cm	26 cm
Rastros de uso (ubicación en la vasija)	Residuos internos adheridos/hollín externo		Residuos internos absorbidos y adheridos /hollín externo		Residuos internos adheridos

Tabla 1. Características de las muestras analizadas.

Los estudios isotópicos se efectuaron en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, CONICET-UBA, Buenos Aires). Mediante instrumental metálico se rasparon todas las adherencias internas de los tiestos, en una superficie de alrededor de 30 cm², cuidando de no desprender material cerámico, ya que esto podría generar interferencias con las mediciones isotópicas. Sólo dos muestras presentaron residuos orgánicos suficientes para caracterizar sus niveles isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Las mediciones se realizaron en un Analizador Elemental Carlo Erba (CHONS) conectado a un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas de flujo continuo Finnigan MAT Delta V a través de una interfaz Thermo ConFlo IV. El método de extracción de colágeno se basó en Longin (1971) y Tykot (2004). La normalización de resultados de $\delta^{13}\text{C}$ se efectuó en escala L-SVEC - NBS-19 según Coplen *et al.* (2006), en tanto que la normalización de los resultados de $\delta^{15}\text{N}$ se efectuó con IAEA N1 y IAEA N2.

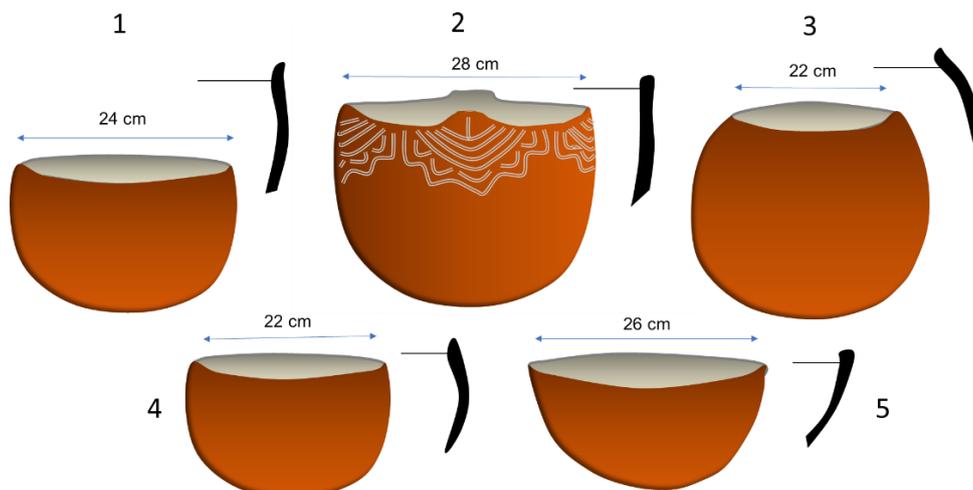


Figura 2. Reconstrucción morfológica de las vasijas (muestras 1 a 5).

Los análisis arqueobotánicos se realizaron en el Laboratorio de Arqueología del Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-CONICET-Diamante, Entre Ríos), donde se observó mediante microscopio petrográfico Nikon Eclipse E 200 el contenido fitolítico y almidonoso de los residuos, los cuales se extrajeron de una superficie aproximada de 1 cm². Según se detalla en el informe técnico de Colobig (2018), no se realizó procesamiento preliminar para la concentración de microrrestos fitolíticos, debido a la escasez de material y a la posibilidad de realizar un análisis múltiple de microfósiles presentes en cada muestra. Las muestras se montaron en aceite de cedro, que se colocó previo al material mediante pipeta Pasteur sobre el portaobjeto. Se realizaron los recuentos en cada preparado, caracterizando los granos mayores a 2 μm . Para las descripciones de los granos de almidón se siguieron las pautas y atributos cuali-cuantitativos propuestos por Babot (2007, 2009, 2011), Babot *et al.* (2007), Cortela y Pochetino (1994), Korstanje y Babot (2007) y ICSN (2011). Para la determinación de los fitolitos se utilizaron las clasificaciones morfológicas modificadas de acuerdo a Bertoldi de Pomar (1971), Kondo *et al.* (1994), Twiss (1992), Patterer *et al.* (2011) y los descriptores propuestos por IPCNWG (2005).

A fin de comparar los valores isotópicos de los residuos orgánicos con aquellos obtenidos en los principales recursos consumidos por las poblaciones bajo estudio, se tomaron en cuenta los datos publicados por Loponte *et al.* (2016) respecto a las mediciones de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de nueve muestras óseas modernas de *Hydrochaeris hydrochaeris* procedentes de los Esteros del Iberá, así como de 18 muestras zooarqueológicas procedentes de sitios del Paraná inferior, que incluyen los siguientes taxones: *Blastocerus dichotomus* (n= 11), *Ozotoceros bezoarticus* (n= 3), *Myocastor coypus* (n= 2), *Pterodoras granulosus* (n= 1) y *Pimelodus sp.* (n= 1). Asimismo, se consideraron las mediciones isotópicas tomadas en tejido muscular de 12 muestras de *Prochilodus lineatus*, provenientes del actual ecosistema del Paraná medio (Marchese *et al.* 2014). Las muestras modernas fueron corregidas por efecto Suess, siguiendo a Chamberlain *et al.* (2005). Cabe destacar que no se desarrollaron todavía estudios isotópicos en vegetales de consumo humano en el área del Paraná. Por otra parte, se cuenta con la información isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de 15 muestras óseas humanas procedentes de sitios Goya-Malabrigo localizados al noroeste de la provincia de Entre Ríos, de las cuales dos corresponden a individuos inhumados en el sitio La Palmera II (Ottalagano y Loponte 2017).

Resultados y discusión

El análisis de isótopos estables realizados en las muestras 1 y 2, las únicas que presentaron residuos suficientes para aplicar este análisis, exhiben niveles bajos de carbono (-25,5 ‰ y -22,1 ‰, respectivamente) y niveles altos de nitrógeno (12,1 ‰ y 9,0 ‰, respectivamente) (Tabla 2). La muestra 1, la cual forma parte de un recipiente liso, registra valores más bajos de $\delta^{13}\text{C}$ y niveles más elevados de $\delta^{15}\text{N}$ con respecto a la muestra 2, que corresponde a una vasija decorada (Tabla 2). Ambas muestras pertenecen a recipientes abiertos, de tamaños medianos (24-28 cm de diámetro de boca) (Tabla 1, Figura 2).

El valor de δ^{13} de la muestra no decorada se encuentra por debajo del umbral de -24% , sugerido por Morton y Schwarcz (2004) para identificar en un residuo la presencia de recursos C_4 , como *Zea mays*. La muestra decorada, en tanto, presenta un valor por encima de este umbral, es decir un valor superior al mínimo establecido para mezclas de alimentos que incluyan potencialmente recursos C_4 . Sin embargo, la interpretación de los valores de $\delta^{13}C$ en una adherencia implica una lectura compleja, ya que existen factores que pueden condicionar los niveles isotópicos hallados en un residuo. Así, por ejemplo, la combinación de maíz con diferentes fuentes de recursos origina niveles variables de carbono. Para una mezcla alimenticia cuyo peso se distribuye en 94,7% de ciervo y 5,3% de maíz, Hart y colaboradores (2007) determinaron experimentalmente un valor de $-21,8\%$, en tanto que para preparaciones con 55,7% de ciervo y 44,3% de maíz, el valor de carbono se eleva a $-15,6\%$. Las señales de carbono se presentaron algo más negativas cuando se cocinó exclusivamente maíz con otro vegetal, como arroz silvestre, en ausencia de proteínas animales (Hart *et al.* 2007). Siguiendo esto, el valor de carbono exhibido por la muestra 2 se acercaría bastante a la preparación efectuada con 5,3% de maíz. No obstante, el incremento del valor del carbono en los residuos depende no solo de la presencia de este cereal, sino también de la incorporación indirecta de pasturas C_4 por parte de los recursos animales cocinados (Boyd *et al.* 2008), por lo cual es indispensable conocer la ecología isotópica regional, como se tratará más adelante.

Por todo ello, resulta de utilidad combinar el estudio de isótopos estables con otras líneas de evidencia, como los análisis de microrrestos vegetales, a fin de evaluar adecuadamente los niveles de carbono detectados en los residuos (Boyd *et al.* 2008; Hart *et al.* 2012). Según el análisis arqueobotánico realizado, la muestra 1 resultó estéril en cuanto a contenido fitolítico y almidonoso (Tabla 2). Esto puede sugerir que los alimentos preparados en este recipiente durante los últimos episodios de cocción se relacionaron solamente con fuentes animales, lo cual es coherente con el alto valor de $\delta^{15}N$ registrado (Tabla 2). En la muestra 2 se registraron fitolitos correspondientes a gramíneas y un grano de almidón posiblemente afín a *Cucurbita moschata* (calabaza), que es un vegetal C_3 , además de otros granos no diagnósticos, fibras y vasos (Tabla 2, Figura 3). El nivel de $\delta^{15}N$ en la muestra 2 es algo más bajo con respecto a la muestra 1, pero aun así es alto, el cual indicaría también en este caso un gran aporte proteico, si se tiene en cuenta que los valores estimados para plantas terrestres rondan los 3 ± 1 (Craig 2004), como es el caso de *Zea mays* y *Cucurbita pepo* (Coltrain y Janetski 2013). No obstante, se hace necesario a futuro realizar mediciones isotópicas regionales de los vegetales de consumo humano en el área de la cuenca del Paraná, a fin de precisar sus valores específicos, ya que aquellas efectuadas en otras ecorregiones de Argentina evidencian variabilidad en sus valores de $\delta^{15}N$ (Gil *et al.* 2010; Killian Galván *et al.* 2015; Laguens *et al.* 2009).

Vasija	Código Lab.	Valores isotópicos		Contenido fitolítico	Contenido almidonoso
		$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰		
1	AIE 335 82	-25,6	12,1	No detectado	No detectado
2	AIE 335 83	-22,1	9,0	Fitolito prismático, afín a gramínea (Figura 3C).	Grano circular pequeño con cruz simétrica y céntrica, hilum céntrico (Figura 3A-A'). Lamelas no visibles/Grano compuesto en forma de roseta posiblemente afín a <i>Cucurbita moschata</i> , calabaza (Figura 3B-B') (Ref. Korstanje y Babot 2007: 66)/Granos de almidón dentro de una estructura en forma de fibra (Figura 3D-D') (Ref. Babot <i>et al.</i> 2008: 196)/Posible fragmento de vaso de conducción (Figura 3G) /Fibra torzada (Figura 3F-F').
3		Muestra insuficiente		Fitolito prismático, afín a gramínea (Figura 3I).	Grano esférico con cruz de extinción simétrica y céntrica e hilum con aparente daño tafonómico: <i>Zea mays?</i> (Figura 3J-J') (Ref. Babot 2006: 70).
4		Muestra insuficiente		Fitolito prismático, afín a gramínea (Figura 3L).	Grano de almidón oval con cruz de extinción asimétrica excéntrica. Hilum excéntrico y con daño? (Figura 3K-K').
5		Muestra insuficiente		No detectado	Grano de almidón oval con cruz de extinción excéntrica (Figura 3M-M')/Conglomerado de cinco granos de almidón (Figura 3N-N').

Tabla 2. Valores isotópicos e identificación de microrrestos vegetales.

Considerando la ecología isotópica regional, los valores de nitrógeno de ambas muestras se acercan especialmente a aquellos registrados para peces Characiformes y Siluriformes del río Paraná. Los valores isotópicos expresados en la Figura 4 fueron obtenidos en colágeno óseo, excepto los de *P. lineatus* que corresponden a tejido muscular. En peces, el músculo posee una diferencia de nitrógeno de alrededor de +2,3-2,6 ‰, así como una diferencia de carbono de aproximadamente -1,1 a -1,6 ‰ respecto al colágeno óseo (Sholto-Douglas *et al.* 1991). Otros autores reportan una diferencia de carbono de -2 a -2,5 ‰ y una diferencia de nitrógeno inferior a +1 ‰ para el tejido muscular en relación al tejido óseo, en mamíferos terrestres (Lee-Thorp *et al.* 1989; Webb *et al.* 2016). Corrigiendo los valores de la Figura 4 a tejido muscular, se podría esperar entonces un valor aproximado de $\delta^{13}\text{C} = -24,1$ ‰ y $\delta^{15}\text{N} = 9,4$ ‰ para los peces, así como de $\delta^{13}\text{C} = -21,5$ ‰ y $\delta^{15}\text{N} = 6,3$ ‰ para el conjunto de mamíferos herbívoros.

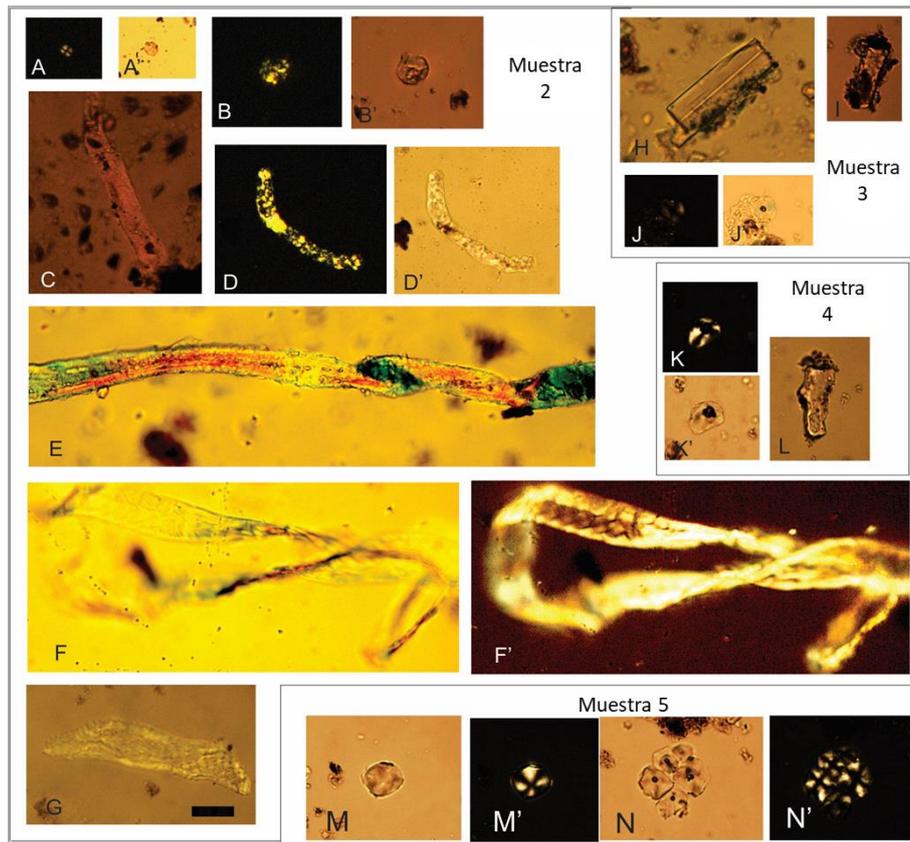


Figura 3. Microrrestos hallados en las vasijas (muestras 2 a 5): A- A') grano circular; B- B') grano compuesto en forma de roseta; C) fitolito prismático; D- D') granos de almidón dentro de una estructura en forma de fibra; E- F- F') fibras torzadas; G) posible fragmento de vaso de conducción; H) fragmento de espícula de espongiario; I) fitolito prismático; J- J') grano de almidón esférico; K- K') grano de almidón oval; L) fitolito prismático; M- M') grano de almidón oval; N- N') granos de almidón aglomerados. Escala en G: 20 micrones. A', B', D', F', J', K', M', N': fotomicrografías con luz polarizada.

Teniendo en cuenta el conjunto de datos presentados, la preparación de la vasija 1 podría haber estado mayormente relacionada con la cocción de peces, en tanto que la vasija 2 probablemente habría estado vinculada con la cocción de una mixtura de alimentos, entre los que se encontrarían principalmente peces y mamíferos herbívoros, complementada con vegetales C₃. Es probable que los valores de carbono detectados en las vasijas se encuentren, en alguna medida, condicionados por la ubicación de los residuos analizados, ya que al tratarse de fragmentos de bordes, éstos pueden incluir una cierta proporción de grasas, las cuales suelen exhibir niveles más bajos de $\delta^{13}\text{C}$ (Craig 2004; Hart *et al.* 2007). Esta situación podría explicar la diferencia existente entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ registrados en los residuos y aquellos mencionados previamente para el conjunto de los peces y de los mamíferos herbívoros dentro de la ecología regional, corregidos a tejido muscular.

Los datos isotópicos registrados en los residuos de alimentos concuerdan con las señales isotópicas obtenidas en humanos excavados en contextos Goya-Malabrigo del sector noroeste de la provincia de Entre Ríos, los cuales exhiben valores altos de $\delta^{15}\text{N}$ y

bajos de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 4). En el sitio LP2, los estudios isotópicos sobre colágeno óseo humano arrojaron valores de $\delta^{13}\text{C}=-19,4$ ‰ y $\delta^{15}\text{N}= 10,7$ ‰ para el primer individuo, y $\delta^{13}\text{C}=-19,1$ ‰ y $\delta^{15}\text{N}= 12,3$ ‰ para el segundo, los cuales sugieren dietas fundamentalmente carnívoras dentro de un ecosistema predominantemente C_3 . Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ observados en los humanos podrían ser explicados por una importante ingesta de peces de agua dulce (Ottalagano y Loponte 2017), lo que es congruente con el registro faunístico de LP2, donde los peces conforman el 86% del NISP total (Ottalagano *et al.* 2015a).

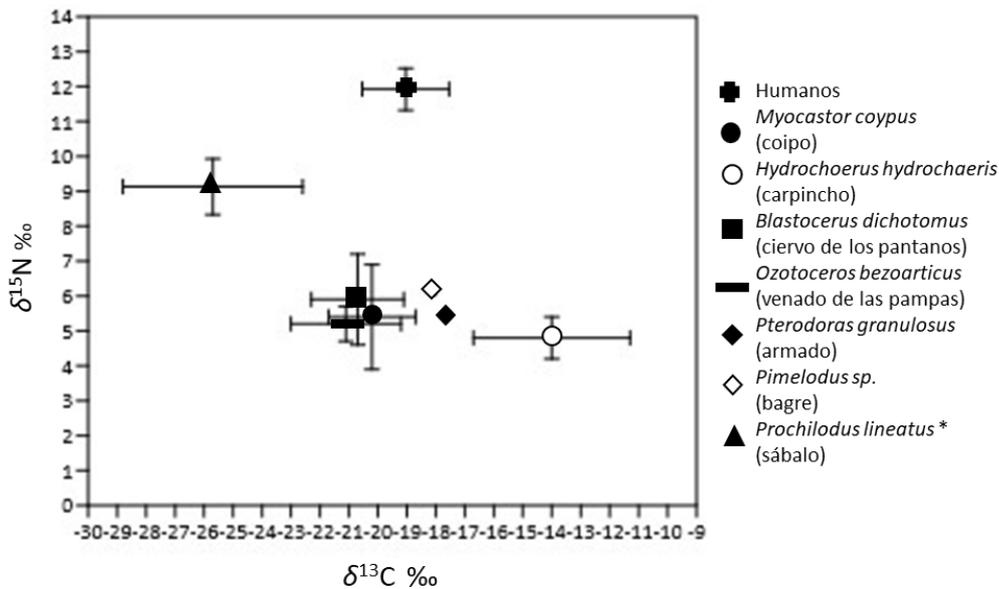


Figura 4. Valores de nitrógeno y carbono en humanos y en principales recursos explotados.

Las tres muestras restantes analizadas, las cuales pertenecen a recipientes lisos, registraron fitolitos de células prismáticas afines a gramíneas, excepto en la vasija 5 en la que no se detectaron microrrestos silíceos (Tabla 2, Figura 3). En la vasija 4 se observó un único grano de almidón que presenta daño tafonómico, por lo que no pudo establecerse con certeza su afinidad con *Zea mays* (Tabla 2). Los demás granos de almidón hallados no resultan diagnósticos para la determinación taxonómica. Según la información presentada en la Tabla 2, las vasijas lisas registraron por lo general escasa presencia de contenido fitolítico y almidonoso. Esto contrasta con los análisis efectuados sobre otro recipiente liso procedente de este mismo sitio, analizado en un trabajo previo (Colobig y Ottalagano 2016), cuyo residuo fue extraído igualmente en una superficie de 1 cm², y en el cual se detectó una cantidad más elevada de elementos almidonosos (n=13) y fitolíticos (n=38), los que pudieron identificarse principalmente como de afinidad graminoide. Estudios posteriores que contemplen un mayor número de muestras, podrán especificar si las vasijas lisas fueron utilizadas en LP2 para la cocción de alimentos con un menor aporte vegetal, que las preparaciones cocinadas en las vasijas decoradas.

Conclusiones

La aplicación combinada de análisis de isótopos estables y de microrrestos botánicos en los residuos alimenticios aportó información sobre el uso de la tecnología cerámica en el sitio LP2. Los datos obtenidos indican que los recipientes analizados habrían sido utilizados fundamentalmente para el procesamiento de proteínas animales, complementada en menor medida con vegetales C₃. De acuerdo a los valores relativamente altos de $\delta^{15}\text{N}$ y bajos de $\delta^{13}\text{C}$, y a la ausencia de microrrestos vegetales observados en la muestra 1, la vasija lisa podría haber sido usada para la cocción de recursos animales, especialmente para la preparación de peces, al menos durante el último o sus últimos desempeños. La vasija decorada, en tanto, habría estado posiblemente vinculada con la preparación de una mixtura de recursos, que podrían incluir peces, mamíferos de pequeño y gran porte, así como plantas C₃: posiblemente *C. moschata* y gramíneas. Estos datos concuerdan con las señales isotópicas obtenidas en los humanos del sitio, los cuales muestran dietas basadas fundamentalmente en proteínas C₃ (Ottalagano y Loponte 2017). Si bien en algunos contextos Goya-Malabrigo de la región se han detectado granos de almidón afines a *Zea mays* (Bonomo *et al.* 2011a, 2011b; Colobig *et al.* 2016; Cornero y Rangone 2015), entre ellos en una vasija decorada procedente del sitio Las Mulás 1, al noroeste de la provincia de Entre Ríos (Colobig y Ottalagano 2016), la presencia de este vegetal C₄ en LP2 no puede demostrarse.

Los estudios arqueobotánicos permiten identificar los vegetales presentes en las vasijas, pero presentan limitaciones para evaluar las proporciones en que se cocinaron recursos vegetales y animales C₃ y C₄, una cuestión sobre la cual pueden contribuir los estudios isotópicos. Éstos últimos tienen la desventaja, sin embargo, que requieren una muestra con mayor cantidad de residuos que aquella necesaria para estudios de microrrestos vegetales, lo cual no siempre es asequible. Para interpretar adecuadamente los residuos de alimentación en las vasijas, resulta clave entonces sumar distintas vías analíticas, así como profundizar en la ecología isotópica local del sector del Paraná medio, un aspecto que se espera ampliar en futuros trabajos.

Bibliografía citada

- Babot, M.P.
2006. Damage on starch for processing Andean food plants. *Ancient Starch Research* (ed. por R. Torrence y H. Barton), pp. 66- 72. Left Coast Press, California.
2007. Granos de almidón en contextos arqueológicos: posibilidades y perspectivas a partir de casos del Noroeste Argentino. *Paleoetnobotánica del cono Sur: Estudios de caso y Propuestas Metodológicas* (ed. por B. Marconetto, P. Babot y N. Oliszewski), pp. 95-125. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
2009. La cocina, el taller y el ritual: explorando las trayectorias del procesamiento vegetal en el noroeste argentino. *Darwiniana* 47(1): 7-30.
2011. Cazadores-recolectores de los andes centro-sur y procesamiento vegetal. Una discusión desde la puna meridional argentina (ca. 7.000-3.200 años a.p.). *Chungará* 43(1): 413-432.

- Babot, M. P.; Oliszewski, N. y A. Grau
2007. Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus Vulgaris* (Fabaceae, Faboideae) silvestres y cultivados del Noroeste argentino: una aplicación en arqueobotánica. *Darwiniana* 45(2): 149-162.
- Babot M. Del Pilar; Escola, P. y S. Hocsman
2008. Microfósiles y atributos tecno-tipológicos: correlacionando raederas de módulo grandísimo con sus desechos de talla de mantenimiento en el Noroeste argentino. *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (ed. por M. A. Korstanje y M. del P. Babot), pp. 187-200. British Archaeological Reports (BAR) International Series, Oxford.
- Bertoldi de Pomar, H.
1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 8 (3-4): 317-328.
- Bonomo, M.; Politis, G. y C. Gianotti
2011a. Montículos, jerarquía social y horticultura en las sociedades indígenas del delta del río Paraná (Argentina). *Latin American Antiquity* 22(3): 297-333.
- Bonomo, M.; Aceituno Bocanegra, F. J.; Politis, G. y M.L. Pochettino
2011b. Pre-Hispanic horticulture in the Parana Delta (Argentina): archaeological and historical evidence. *World Archaeology* 43(4): 557-579.
- Bonomo, M.; C. Scabuzzo; Politis, G. y A. Zucol
2017. Stable carbon and nitrogen isotope studies in the Paraná River Delta (Argentina): An approach to prehispanic diets. *Latin American Antiquity* 28: 105-126.
- Boyd, M.; Varney, T.; Surette, C. y J. Surette
2008. Reassessing the northern limit of maize consumption in North America: stable isotope, plant microfossil, and trace element content of carbonized food residue. *Journal of Archaeological Science* 35: 2545-2556.
- Cassiodoro, G. y A. Tessone
2014. Análisis radiocarbónico y de isótopos estables en residuos cerámicos del centro-oeste de Santa Cruz (Patagonia). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 39(1): 293-299.
- Ceruti, C.
2003. Entidades culturales presentes en la cuenca del Paraná Medio (margen entrerriana). *Mundo de Antes* 3: 111-135.
- Ceruti, C. y M. I. González
2007. Modos de vida vinculados con ambientes acuáticos del Nordeste y Pampa bonaerense de Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 32: 101-140.

- Chaile, C. ; A. Tessone; Cassiodoro, G.; Bellelli, C. y J.B. Belardi
2018. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in organic residues of Patagonia pottery. Implications for studies of diet and subsistence strategies among late Holocene hunter-gatherers *Journal of Archaeological Science: Reports* 20: 47-56.
- Chamberlain, C. P.; Waldbauer, J. R.; Fox-Dobbs, K.; Newsome, S. D. ; Koch, P. L.; Smith, D. R.; Church, M. E.; Chamberlain, S. D.; Sorenson, K. J. y R. Risebrough
2005. Pleistocene to recent dietary shifts in California condors. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 12(46):16707-16711.
- Colobig, M. M.
2018. Informe del Laboratorio de Arqueología: Análisis del contenido de microrrestos vegetales presentes en tiestos de cerámica arqueológica, sitio La Palmera II, Entre Ríos, Argentina. CICYTTP (CICYTTP-Diamante) 52, noviembre 2018.
- Colobig, M. M. y F. V. Ottalagano
2016. Estudio arqueobotánico de los residuos orgánicos adheridos en alfarerías prehispánicas de la cuenca del Paraná medio. *Revista Arqueología* 22(1): 193-210.
- Colobig, M. M.; Piccoli, C. y M.C. Barboza
2016. Primera aproximación a la identificación de granos de almidón en tiestos del sitio Los Bananos (Goya, Corrientes, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 41: 431-431.
- Coltrain, J.B. y J.C. Janetski
2013. The stable isotope and radio-isotope chemistry of Southern Utah Basketmakers II burials: dietary analysis using the linear mixing model SISUS, age and sex patterning, geolocation and temporal patterning. *Journal of Archaeological Science* 40: 4711-4730.
- Coplen, T.; Brand, W.; Gehre, M.; Gröning, M.; Meijer, H.; Toman, B. y R. Verkouteren
2006. New guidelines for $\delta^{13}\text{C}$ measurements. *Analytical Chemistry* 78(7): 2439-2441.
- Cornero, S. y L. Rangone
2015. Análisis arqueobotánicos en sitios de la entidad arqueológica Goya-Malabrigo ubicados en el centro-norte de Santa Fe. *Anuario de Arqueología* 7: 85-94.
- Cortella A.R. y M.L. Pochettino
1994. Starch grain analysis as a microscopic diagnostic feature in the identification of plant material. *Economic Botany* 48(2): 171-181.
- Craig, O. E.
2004. Organic analysis of «food crusts» from sites in the Schelde valley, Belgium: a preliminary evaluation. *Notae Praehistoricae* 24: 209-217.
- Frère, M.M.
2015. Tecnología Cerámica de los Cazadores-recolectores-pescadores de la Microrregión del Río Salado, Provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

- Frère, M.M.; González, M.I.; Chan, D. y M. Flores
2016. Evidencias químicas de preparación de alimentos en la alfarería de la Depresión del río Salado. *Anuario de Arqueología* 8: 141-152.
- Gil, A.; Gustavo, N. y R. Tykot
2010. Isótopos estables y consumo de maíz en el centro occidente argentino: tendencias temporales y espaciales. *Chungará* 42(2): 497-513.
- Gómez Otero, J.
2006. Recursos, dieta y movilidad en la costa centro septentrional de Patagonia durante el Holoceno medio y tardío. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
2007. Isótopos estables, dieta y uso del espacio en la costa atlántica centro-septentrional y el valle inferior del río Chubut (Patagonia Argentina). *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando Piedras, Desenterrando Huesos* (ed. por F. Morello, M. Martinic, A. Prieto y G. Bahamondes), pp. 151-161. Ediciones CEQUA-Universidad de Magallanes, Punta Arenas.
- Gómez Otero, J.; Constenla, D. y V. Schuster
2014. Isótopos estables de carbono y nitrógeno y cromatografía gaseosa en cerámica arqueológica del nordeste de la provincia del Chubut (Patagonia Argentina). *Revista Arqueología* 20(2): 263-284.
- González de Bonaveri, M.I. y M.M. Frère
2002. Explorando algunos usos prehispánicos de la alfarería pampeana. En *Del Mar a los Salitres. Diez Mil Años de Historia Pampeana en el Umbral del Tercer Milenio*, D. (ed. por D. Mazzanti, M. Berón y F. Oliva), pp. 31-40. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
2004. Analysis of potsherd residues and vessel use in hunter-gatherer-fisher groups (Pampean Region, Argentina). En *General Sessions and Posters. Archaeometry*, pp. 27-36. BAR International Series 1270. University of Liège, Belgium.
- González, M. I. y M. M. Frère
2017. Análisis de isótopos estables en cerámica arqueológica del río Salado bonaerense. *Comechingonia* 21(2): 229-254.
- Hart, J.; Lovis, W.; Schulenberg, J. y G. Urquhart
2007. Paleodietary implications from stable carbon isotope analysis of experimental cooking residues. *Journal of Archaeological Science* 34: 804-813.
- Hart, J.; Lovis, W.; Jeske, R. y J. Richards
2012. The potential of bulk ^{13}C on encrusted cooking residues as independent evidence for regional maize histories. *American Antiquity* 77(2): 315-325.
- ICSN (International Code for Starch Nomenclature)
2011. *The International Code for Starch Nomenclature*.
<http://www.fossilfarm.org/ICSN/Code.html>, consultado 15 de Junio de 2014.

IPCNWG (International Code for Phytolith Nomenclature)

2005. International Code for Phytolith Nomenclature. *Annals of Botany* 96(2): 253-260.

Killian Galván, V.; Sanmartino, G.; Castellano, V.; Seldes, V. y L. Marban

2015. Estudios de isótopos estables en huertas familiares actuales de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina). Su potencial aporte a los estudios paleodietarios del Noroeste argentino. *Revista del Museo de Antropología* 8 (2): 107-118.

Kondo, R.; Childs, C. y I. Atkinson

1994. *Opal phytoliths of New Zealand*. Maanaki Whenua Press, Lincoln, N.Z.

Korstanje, M. A. y M. P. Babot

2007. Microfossils characterization from south Andean economic plants. *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis* (ed. por M. Madella y D. Zurro), pp.41-72. Oxbow Books, Cambridge.

Laguens, A.; Fabra, M.; Santos, G. y D. Demarchi

2009. Palaeodietary inferences based on isotopic data for pre-hispanic populations of the central mountains of Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 237-249.

Lantos, I.

2014. Prácticas de preparación y consumo de maíz (*Zea mays*) de las poblaciones del oeste de Tinogasta (Catamarca, Argentina) a través del estudio de residuos en vasijas cerámicas (siglo III - XVI d.C.). Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Lantos, I.; Spangenberg, J.; Giovannetti, M.; Ratto, N. y M. Maier

2015. Maize consumption in pre-Hispanic south-central Andes: chemical and microscopic evidence from organic residues in archaeological pottery from western Tinogasta (Catamarca, Argentina). *Journal of Archaeological Science* 55: 83-99.

Lee-Thorp, J. A.; Sealy, J. C. y N. J. Van Der Menve,

1989. Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet. *Journal of Archaeological Science* 16: 585-599.

Longin, R.

1971. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature* 230: 241-242.

Loponte, D.; Acosta, A. y M. J. Corriale

2016. Isotopic trends in the diets of hunter-gatherers of the lower Paraná wetland, South America. *Journal of Archaeological Science: Reports* 9 259-274

Marchese, M.R; Saigo, M.; Zillia, F.; Capello, S.; Devercellia, M.; Montalto, L.; Paporello, G. y K.M. Wantzen

2014. Food webs of the Paraná River floodplain: assessing basal sources using stable carbon and nitrogen isotopes. *Limnologica* 46:22-30

Morton, J. y H. Schwarcz

2004. Paleodietary Implications from Stable Isotopic Analysis of Residues on Prehistoric Ontario Ceramics. *Journal of Archaeological Science* 31: 503-517.

Mucciolo, L. y L. Pérez Jimeno

2015. Patrones de consumo final de cérvidos en el Paraná medio: el caso del sitio Cerro Aguará. *Revista del Museo de Antropología* 8 (1): 79-90.

Ottalagano, F.

2013. Aves simbólicas, estilo e identidad en la arqueología del gran río Sudamericano: Un Estudio Contextual del Arte Cerámico de las Sociedades prehispánicas de la cuenca del río Paraná. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (Arqueología de la cuenca del Plata, serie monográfica), Buenos Aires.

2019. Estudios zooarqueológicos en la cuenca media del Paraná: sitio Arroyo Las Mulas 1 (Entre Ríos, Argentina). *Mundo de Antes* 3(1): 59-84.

Ottalagano, F.; Darigo, D.; Pereyra, B.; Brancatelli, C. y L. Iannelli

2015a. Investigaciones arqueológicas en el sitio La Palmera 2 (cuenca del Paraná medio, provincia de Entre Ríos, nordeste de Argentina). *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos* 1(1): 44-55.

Ottalagano, F.; Brancatelli, C.; Darigo, M.; Iannelli, L. y B. Pereyra

2015b. Gestos técnicos, morfología y rastros de uso en la alfarería prehispánica del sitio La Palmera 2 (provincia de Entre Ríos). *Anuario de Arqueología* 7: 67-84.

Ottalagano, F. y D. Loponte

2017. Stable isotopes and diet in complex hunter-gatherers of Paraná River basin, South America. *Anthropological and Archaeological Sciences* 9: 865-877.

Paleo, C. y M. Pérez Meroni

2005-2006. Dimensión social de la tecnología cerámica en sociedades cazadoras-recolectoras. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* 15-16: 73-85.

Patterer, N. I.; Passeggi, E. y A. F. Zucol

2011. Análisis de fitolíticos de suelos del sudoeste de la provincia de Entre Ríos (Argentina) como una herramienta para comprender sus procesos pedológicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28 (1): 132-146.

Pérez, M.

2016. Tecnología de Producción y Uso de la Alfarería durante el Holoceno Tardío en el Humedal del Paraná Inferior. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Pérez, M.; Acosta, I.; Naranjo, G. y L. Malec

2013. Uso de la alfarería y conductas alimenticias en el humedal del Paraná inferior a través del análisis de ácidos grasos. *Cuadernos del INAPL-Series Especiales* 1(1): 26-45.

Píccoli, C.; Martín, M. y M. C. Barboza

2017. El registro arqueofaunístico del subtramo Norte de la margen izquierda del Paraná Medio (Corrientes, Argentina). *Arqueología* 23: 35-63.

Sánchez, J.; Colobig, M.; Zucol, A.; Politis, G.; Bonomo, M. y C. Castiñeira

2013. Primeros resultados sobre el uso prehispánico de los vegetales en el sitio arqueológico Los Tres Cerros 1 (Victoria, Entre Ríos, Argentina): análisis del registro biosilíceo. *Darwiniana, nueva serie* 1(2): 201-219.

Santiago, F.

2004. Los roedores en el "menú" de los habitantes de Cerro Aguará (provincia de Santa Fe): su análisis arqueofaunístico. *Intersecciones en Antropología* 5: 3-18.

Schuster, V.

2011. Organización de la tecnología cerámica en Grupos Cazadores Recolectores de la Costa Centro-septentrional de Patagonia (Chubut, Argentina). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría.

Sholto-Douglas, A.; Field, J.; James, A. y N. Van Der Merwe

1991. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ isotope ratios in the southern Benguela ecosystem: indicators of food web relationships among different size-classes of plankton and pelagic fish; differences between fish muscle and bone collagen tissues. *Marine Ecology Progress Series* 78: 23-31.

Twiss, P.C.

1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. *Phytoliths Systematics. Emerging Issues Advances in Archaeological and Museum Science* (ed. por G. Rapp y S.C. Mulholland), pp. 113-128. Springer, Boston.

Tykot, R.H.

2004. Stable isotopes and diet: you are what you eat. *Physics Methods in Archaeometry* (ed. por M. Martini, M. Milazzo y M. Piacentini), pp. 433-44. Società Italiana di Fisica, Bologna.

Webb, E.; Stewart, A.; Miller, B.; Tarlton, J. y R. Evershed

2016. Age effects and the influence of varying proportions of terrestrial and marine dietary protein on the stable nitrogen-isotope compositions of pig bone collagen and soft tissues from a controlled feeding experiment. *Science & Technology of Archaeological Research* 2:1: 54-66.